

Inhalt

Vorwort VII

Editorial XI

METALLBAU IM 20. JAHRHUNDERT

- Joram Tutsch, Kilian Wolf**, Auf Umwegen zum Systembau?
Die Lamellendächer der Zwischenkriegszeit von Emil M. Hünnebeck 15
- Silke Haps**, »Produktionsgerechtes« Bauen mit PLATAL: HOESCH-Bungalows
und Schwimmbecken aus kunststoffplattiertem Stahl der frühen 1960er-Jahre 31
- Konrad Frommelt**, Materialgerecht oder montagegerecht? –
Entwicklung und Erprobung eines räumlichen Tragwerkes in der DDR 49

WERKSTEIN ZWISCHEN GOTIK UND BAROCK

- Stefan Bürger**, Zum Teufel mit der Materialgerechtigkeit! Zur Bedeutung
epistemischer Objekte der spätgotisch/frühneuzeitlichen Baukunst
als bedeutsame Quellen zur Materialität 67
- Jonas Lengenfeld, David Wendland**, Die Planung der komplexen Werksteinkonstruktion
im Bergfried der Schönburg – Das Werk eines Naumburger Meisters 87
- Rebecca Erika Schmitt, David Wendland**, Untersuchung der geometrischen
Konzeption der Gewölbe der Basilika Vierzehnheiligen auf Basis
von 3D-Scanningdaten im Kontext der Stereotomie 105

KERAMISCHE BAUSTOFFE

- Claudia Eckstein**, »[...] mit geschnitten brenten stain« – Zur spätmittelalterlichen
Herstellung und Verwendung großformatiger Tonelemente in Oberschwaben 125
- Thomas Wenderoth**, Die Mischung macht's: Kappendecken, eine Geschichte der
Hybridkonstruktion 139
- Wilko Potgeter**, Das Verblendmauerwerk der Bauakademie –
Materialgerechtigkeit im Backstein-Rohbau des 19. Jahrhunderts 157

BETON UND SPANNBETON

Geraldine Buchenau, »Aus der Konstruktion sich sinnvoll entwickelnde Architektur« –
Drei Fallbeispiele für weitgespannte Eisenbetonkonstruktionen
aus Baden-Württemberg 173

Meltem Çavdar, Sichtbetonbau: eine Leistung des Zimmererhandwerks 189

Benjamin Schmid, Christiane Weber, Das Messmodell für die Alster-Schwimmhalle
Hamburg – ein interdisziplinäres Zusammenwirken Stuttgarter Bauingenieure
auf dem Gebiet der Modellstatik 207

SPEZIELLE KONSTRUKTIONEN

Julian Rudolph, Sebastian Hoyer, Klaus Thiele, Materialgerecht konstruiert?! –
Die lavierte Howaldt'sche Fügetechnik für Kupferblechplastiken am Beispiel der
Braunschweiger Quadrigen 225

Susanne Brunner, Andreas Putz, Acrylglass im Bauen –
Materialgerechte Konstruktion oder konstruktionsgerechtes Material? 241

HOLZKONSTRUKTIONEN

Alexandra Druzynski v. Boetticher, Dachwerkentwurf für drei Ausbaustufen –
Die Seitenschiffdächer des Berner Münsters 261

Jasmin Schäfer, Eine weitgespannte Holzbrücke nach dem Vorbild eiserner
Konstruktionen: David Vogels Wettbewerbsentwürfe für das Brückenprojekt
in Eglisau/ZH 275

Clemens Knobling, Louis Vandenabeele, Der Bogen aus Holz –
materialgerecht konstruiert? 293

AutorInnenverzeichnis 309

Abbildungsverzeichnis 315

VORWORT

Eines der Gründungsziele der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte ist es, Interessierte und Engagierte im deutschen Sprachraum über die Landesgrenzen hinaus zusammenzubringen. Die Einladung des scheidenden Vorsitzenden Stefan M. Holzer nach Zürich untermauerte nach mehreren Stationen in Deutschland und der Jahrestagung 2015 im österreichischen Innsbruck diesen Anspruch, der unsere Gesellschaft von den Vereinigungen in anderen Ländern unterscheidet. Zudem war die Einladung der Verweis darauf, dass es in Zürich, namentlich an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, eine wichtige Tradition der Bautechnikgeschichte gibt. Nicht nur lehren und forschen dort viele Mitglieder unserer Gesellschaft beziehungsweise haben dort längere und kürze Forschungs- und Lehraufenthalte verbracht, auch kamen von dort schon früh und immer wieder wichtige fachliche Impulse auf dem (gewiss noch nicht abgeschlossenen) Weg der Etablierung der Bautechnikgeschichte. Die Tagung war in Zürich also am richtigen Ort!

Schnell hatte sich der Vorstand, dem zu diesem Zeitpunkt der lokale Partner und Ausrichter Stefan M. Holzer noch angehörte, darauf geeinigt, die Materialgerechtigkeit von Konstruktionen in den Mittelpunkt der Veranstaltung zu stellen. Die drei Satzzeichen am Ende des Tagungstitels »Materialgerecht konstruiert?!« suggerierten bereits den erhofften Diskussions- und Erkenntnisprozess. Materialgerechtes Konstruieren kann auf den ersten Blick insbesondere aus der Perspektive des ‚Technikers‘ als ein selbstverständlicher Ansatz gelten; Ressourcenökonomie, wirtschaftliche Rahmenbedingungen und der Wunsch nach effizienteren Konstruktionen können als zentrale Motive und Gründe gelten (wenngleich sich diese über die Zeit immer wieder in ihrer Gewichtung veränderten). Doch sollte die Tagung auch Anlass zur kritischen Diskussion über sogenannte materialgerechte Konstruktionen sein – die Tagungskündigung nannte etwa altrömische *Opus caementicium*-Gewölbe mit abgestufter Verwendung leichter und schwerer Zuschläge oder Polonceau-Dächer aus Holz, Guss- und Schmiedeeisen als Beispiele. Es galt einerseits, Definitionen zu finden, was eine materialgerechte Konstruktion ist (oder sein könnte), andererseits zu fragen, mit welchen Methoden, Analysen und Wissensbeständen eine solche Zuschreibung begründet und verifiziert werden kann. Welche Folgen und Veränderungen brachte das Ideal materialgerechter Konstruktionen in Baupraxis, Theoriebildung und der Bautechnikgeschichte als eine historiografische Disziplin?

In der Auswertung der eingegangenen Beitragsvorschläge stellte sich schnell heraus, dass eine Gruppierung der Beiträge nach Baumaterialien beziehungsweise Werkstoffen für vergleichende Diskussionen im Rahmen der Tagung besonders attraktiv war. Vor diesem Hin-

MATERIALGERECHT ODER MONTAGEGERECHT? – ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG EINES RÄUMLICHEN TRAGWERKES IN DER DDR

Zusammenfassung

Mit dem durch den VEB Metalleichtbaukombinat gemeinsam mit Bauakademie und Hochschulen konzipierten und stetig weiterentwickelten Raumtragwerk ‚Typ Ruhland‘ stand dem Leichtbau in der DDR ab den 1970er-Jahren ein materialeffizientes Baukastensystem für segmentierte Dachtragwerke zur Verfügung. Neben der Verbesserung von Material- und Fertigungseffizienz verlagerte sich der Schwerpunkt der weiteren Entwicklungstätigkeit auf Effizienzsteigerungen im Montageprozess. Im Artikel wird untersucht, wie sich die Maßstäbe zur Wertung der Effizienz des Gesamtproduktes verschoben und wie die Ingenieurhochschule Cottbus, als wichtige Bildungs- und Forschungseinrichtung des DDR-Bauwesens, durch theoretische Arbeiten und praktische Großversuche dazu beitragen konnte.

Abstract

From the mid-1970s onwards, the ‚Ruhland‘ type spatial truss system provided an efficient, light-weight and flexible modular solution for segmented roof structures supplementing the variety of light structures in the GDR. The system was designed and produced by the VEB Metalleichtbaukombinat in cooperation with the Bauakademie and universities. During its development and optimisation process, the engineering focus shifted from material efficiency towards efficiency of installation. The article explores this shift by examining the contribution of the engineering college in Cottbus to theoretical investigation and experimental verification of the structural type and its associated processes.

Einleitung

Als im Januar 2021 eine Lagerhalle auf dem Zentralcampus der heutigen Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg in Cottbus abgerissen wurde, verschwand ein auf den ersten Blick recht unspektakuläres Typentragwerk, wie es in der DDR tausendfach bei der Errichtung von Industrie- und Sporthallen eingesetzt worden war. Obwohl über mehrere Jahrzehnte als Materiallager und Parkplatz genutzt, hatte das vor sich hin rostende Bauwerk dennoch einen unfertigen Charakter bewahrt: drei Seiten der Halle ohne Wandbekleidung, keinerlei technische Installationen, im Inneren ein deutlich sichtbares filigranes stählernes Raumfachwerk, das auf sechs Stützen ruhte; die Dachfläche ein bloßes Trapezblech, das an zwei Stellen unvollständig war und das darunterliegende Tragwerk seit Jahren der Witterung aussetzte (Abb. 1).¹

Ein zweiter Blick auf das Tragwerk offenbart parallel laufende, über 30 Meter gespannte, dreigurtige Fachwerke, gegliedert in zwei voneinander getrennte Segmente, die jeweils unterschiedlich auf die Stützen aufgelagert wurden. Das im allgemeinen Sprachgebrauch als ›Stenker-Halle‹ bekannte Bauwerk – nach Horst Stenker (1923–2000), dem früheren Leiter der Sektion Ingenieurbau an der damaligen Ingenieurhochschule Cottbus – stellt dabei nur einen von mehreren Versuchs- und Experimentalbauten dar, die in verschiedenen Bauweisen auf dem Campus errichtet worden waren und damit nicht nur der Forschung, sondern zugleich auch der Befriedigung des Raumbedarfs der Ingenieurhochschule zugutekamen.

Im Innovationsgefüge zur Entwicklung und Weiterentwicklung baubezogener Technologien in der DDR nahmen die Ingenieurhochschulen eine wichtige Rolle ein. Ingenieurhochschulen waren Ende der 1960er-Jahre als Institutionen für eine praxisorientierte Lehre und Forschung gegründet worden, die theoretische Grundlagenforschung mit der schnellen Bereitstellung anwendungsreifen Wissens verknüpfen sollten. Die Schwerpunkte des sogenannten ›wissenschaftlich-produktiven‹ Studiums orientierten sich dabei an den praktischen Zielstellungen der planwirtschaftlich gelenkten Industrie.² Der frühzeitige

¹ Der Artikel ist im Rahmen des Forschungsprojektes ›Reallabor Cottbus – Forschung, Lehre und Praxis im Bauwesen der DDR 1960–1990‹ entstanden, das der Verfasser als Promotionsvorhaben am DFG-Graduiertenkolleg 1913 ›Kulturelle und technische Werte historischer Bauten an der BTU Cottbus-Senftenberg bearbeitet. Dank gebührt der Lausitzer Stahlbau Ruhland GmbH, die den Zugang zu ihrem Archiv ermöglicht hat, an Susanne Schneider-Weller für ihre Hilfe bei der konstruktiven Bestandsaufnahme der ›Stenker-Halle‹ sowie an Prof. Karen Eisenloffel und Prof. Werner Lorenz für eine Vielzahl wichtiger Gespräche, Anregungen und Hinweise.

² Die insgesamt zwölf Ingenieurhochschulen wurden als von den großen Universitäten unabhängige Bildungseinrichtungen mit einem schlanken Fächerangebot aus den Ingenieurwissenschaften konzipiert. Die Ingenieurhochschulen in Cottbus und Wismar konzentrierten sich dabei ausschließlich auf ein bauwissenschaftliches Studienprofil, mit einer Sektion Militärbau als Cottbusser Besonderheit. Vgl. dazu unter anderem Rothert, Heinrich: *Zur Ausbildung von Bauingenieuren und Architekten in den 5 neuen Ländern vor und nach der Wende*. Vortrag vor der Klasse für Ingenieurwissenschaften der BWG am 18. April 1994. In: Jahrbuch 1994 der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Göttingen 1994, S. 75–92.



Abb. 1 Versuchsbau ›Stenker-Halle‹ in Cottbus

Kontakt der Studierenden zu ihren späteren Arbeitgebern sollte in Verbindung mit einem intensiven Praxissemester einen reibungslosen Übergang von der Hochschule in die Bauindustrie gewährleisten.

Die DDR-Bauwirtschaft stützte sich wesentlich auf Bauweisen aus industriell vorgefertigten, typisierten Bauteilen. Die für die Bauweisenentwicklung notwendigen Forschungsarbeiten wurden in den Instituten der Bauakademie der DDR, in den Entwicklungsabteilungen der produzierenden Kombinate, jedoch auch in den Instituten der Universitäten und Ingenieurhochschulen geleistet.

Im Folgenden wird anhand des Versuchsbauwerks in Cottbus beschrieben, wie das Zusammenspiel zwischen Industrie, Lehre und Forschungstätigkeit einen Beitrag für die Effizienzsteigerung räumlicher Dachtragwerke liefern konnte. Anhand dessen lässt sich beobachten, wie sich im Laufe der Entwicklungs- und Anwendungsgeschichte von Typentragwerken die Maßstäbe zur Beurteilung der Effizienz veränderten.

Das ›Räumliche Tragwerk Ruhland‹

Mehr als anderen Materialien hafteten in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg metallischen Werkstoffen hohe Erwartungen an Technizität und Materialeffizienz an. Der Metallleichtbau – mit optimierten, hochausgenutzten Querschnitten und Werkstoffen, analytischer Durchdrin-

gung des Tragverhaltens und in das Tragwerkskonzept integrierten Fertigungsprozessen – stand zeichenhaft für das fortschrittliche Bauen in der neuen Zeit.³

Eines der ausgereiftesten Produkte des Metallleichtbaus stellte das sogenannte ›Räumliche Tragwerk Ruhland‹ (RTR) dar, das durch den VEB Metalleichtbaukombinat hergestellt wurde. Das Metalleichtbaukombinat war 1969 als Zusammenschluss mehrerer Spezialunternehmen im Stahlbau entstanden, die neben Stahlkonstruktionen für eingeschossige und mehrgeschossige Bauten auch Brücken, Förderanlagen und Tore produzierten. Seinen Namen erhielt der ›Typ Ruhland‹ durch den Kombinatsbetrieb in Ruhland im Bezirk Cottbus, an dem das Dachtragwerk auch entwickelt worden war.

Das RTR ist ein Dachtragwerk für eingeschossige Industriebauten, Mehrzweckhallen und Sportstätten, dessen Grundmodul Segmente mit 12 Metern Breite mit unterschiedlichen Spannweiten bilden. Das Haupttragwerk wird gebildet durch zwei kräftige dreigurtige Fachwerkbinder pro Dachsegment (Abb. 2, Nr. 5). Die Binder bestehen aus jeweils zwei V-förmig aneinandergesetzten Fachwerkscheiben, die sich den Untergurt teilen. Die im First geknickten, durchlaufenden Unter- und Obergurte bestehen aus offenen Walzprofilen. Die Füllstäbe – Pfosten und fallende Diagonalen – werden aus Rohrprofilen mit gequetschten Rohrenden gebildet, die über Knotenbleche an die Gurtstäbe angeschlossen sind. Die die Hauptbinder tragenden, quer gespannten Randträger (Abb. 2, Nr. 3) werden aus filigranen Stäben aus zusammengesetzten Walzprofilen gebildet, die über massive Konsolen auf die Hallenstützen aufliegen. Die direkt auf den Obergurten der Hauptbinder aufgebrachte Dachhaut (Abb. 2, Nr. 4) wird aus dem seit 1974 im Eisenhüttenkombinat Ost (EKO) Eisenhüttenstadt pro-

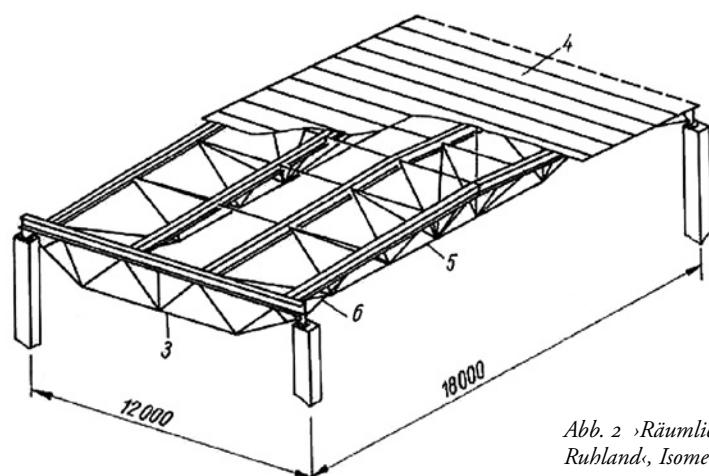


Abb. 2 ›Räumliches Tragwerk Ruhland, Isometrie

³ Vgl. Büttner, Oskar; Stenker, Horst: *Metalleichtbauten. Band I: Ebene Raumstabwerke*. Berlin 1971, S. 10.

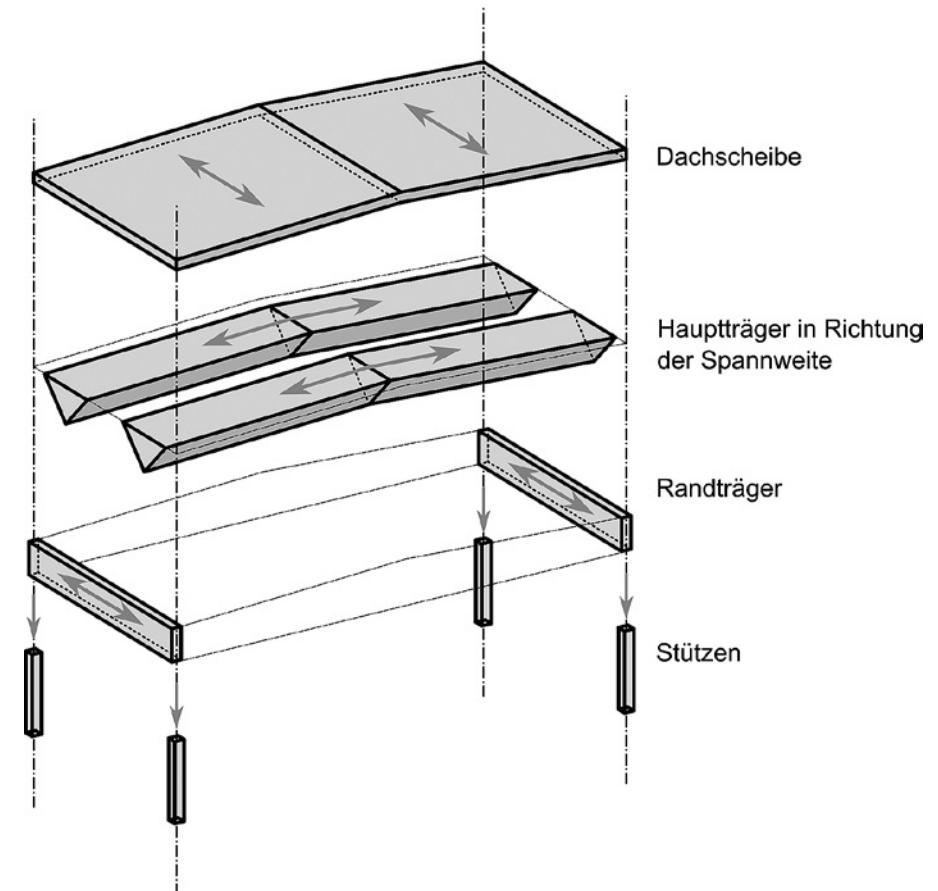


Abb. 3 ›Räumliches Tragwerk Ruhland, Fügung der wesentlichen Tragglieder und vertikaler Lastabtrag

duzierten ›Ekotal‹ gebildet, einem kunststoffbeschichteten Trapezblech. Außer leichten, zwischen den Obergurten angeordneten Koppelstäben, die als Leichtbauprofile aus gekantetem Blech gebildet werden, befinden sich damit in der Dachebene keine weiteren lastabtragenden Bauteile.

Für die Bildung von Hallenbauten konnten Segmente des Raumtragwerkes beliebig aneinander gereiht werden. Im Laufe des Anwendungszeitraumes entwickelte das Metalleichtbaukombinat ein breites Sortiment aus Segmenten verschiedener Spannweiten (12, 18, 24, 30, 36 Meter).

Die über die gesamte Segmentbreite durchlaufenden Dachbleche bilden ein dreifeldriges System mit seitlichen Kragarmen, das die auf die Dachfläche einwirkenden vertikalen Las-

gedachten. Es geht somit um das Wissen und die Kommunikation zwischen einem Subjekt (Meister) und einem Objekt (Werk), dem Objekt und der Allgemeinheit (Betrachter) und dadurch mittelbar auch um das Spannungsverhältnis zwischen diesem Objekt und jener die Allgemeinheit betreffenden Bedeutung.

Innerhalb der hier betrachteten spätmittelalterlichen Baukultur, die sich in besonderem Maße in der Gestaltung sakraler Räume niederschlug, war es nun nicht so, dass das Wissen um die ›materialgerechte Konstruktion‹ einfach von einem Meister über das Werk zum Betrachter durchgereicht und das Wissen freimütig zur Verfügung gestellt wurde. Denn der höchste Wert lag nicht im Wissen an sich, sondern dem Wissen als Instrumentarium, um die Welt als Gottes Schöpfung zu erkennen und um sich über konkrete Glaubensinhalte diesem Weltwissen anzunähern – und umgekehrt: Über die Sichtbarkeit des Weltwissens in den Dingen ließ sich sowohl über den Glauben als auch durch Wissen und Erkenntnis zur Schöpferkraft Gottes vordringen. Wir müssen berücksichtigen, dass das materialgerechte Konstruieren genutzt wurde, um mit den verfügbaren Mitteln der Baukunst bestenfalls solche Glaubensinhalte sichtbar zu machen: Wissen, Kunst und Glauben fallen somit in den epistemischen Objekten nicht selten in eins.

Zum Material und dem ikonischen Zusammenhang von Kunst und Glauben

An etlichen Bauwerken können wir sehen, wie die Werkmeister und Bildkünstler sich bemühten, Objekte mit Konstruktionen auszustatten, sodass sich die Betrachter fragen müssen, wie diese Konstruktion wohl halten mag: hängende Schlusssteine, stützenlose Arkaturen oder diskontinuierliche Bögen gehören dazu. Diese Objekte sollen zum Denken anregen. Jedoch wird dieses Denken kanalisiert, allerdings nicht, um den Betrachter am Wissen um diese Konstruktion teilhaben zu lassen. Der Betrachter soll staunen oder Bedenken tragen. Und diese durch material-ungerechtes Verhalten erzeugte Aufmerksamkeit wird dann auf das Nachdenken über Gott und die Welt ausgerichtet. An den entscheidenden Stellen finden sich Akteure, Boten und Heilsvermittler Gottes, die den Betrachter herausfordern, über die verdeckte Konstruktion und das Wissen, mit der Sichtbarmachung des Unwissens, den Glauben zu stärken. Man muss zunächst an der Konstruktion zweifeln beziehungsweise am eigenen Unwissen verzweifeln, um dann Vertrauen in Gott und die Konstruktion fassen zu können – um beispielsweise solche Portale oder Arkaden zu durchschreiten (Abb. 3).

In gleicher Weise lässt sich natürlich auch das Misstrauen in Gottes Handeln und die Konstruktion visualisieren: Man wird diese Objekte natürlich nicht in den zentralen Bereichen sakraler Räume finden, sondern in der Peripherie, in Außen- und Nebenräumen, in Seiten- oder Westbereichen von Kirchenräumen – eben an deren Rändern. Die räumlich-bildhafte Aussage dieser Objekte ist, dass dieses Misstrauen durch das Vertrau-



Abb. 3 Dohna, Marienkirche, östliche Nordarkade, Scheidbogen mit diskontinuierlichem Verlauf; sowohl die Einbindung des Bogens in den Chorbogen als auch der Bruch des Bogens wird durch sogenannte ›durchschlüpfende Schenkel samt gekappten Endungen sichtbar gemacht; unmittelbar hinter dem Bruch befindet sich im Rippenwinkel des Gewölbes eine auf einer Wolke schwebende Muttergottes mit Kind; den Fußpunkt der Konstruktion bildet die feste Wappentafel des Stifters Günther von Bünau

en an den Rand gedrängt werden soll: Im Halberstädter Dom saß der Teufel in jenem Detail, wo, durch unregelmäßige Gewölbeauflager bedingt, der Werkmeister situative Anpassungen vornehmen musste (vgl. Abb. 4).⁴ Das Gewölbe gerät dort zwangsläufig in Unordnung. Und der Werkmeister nutzte die Unordnung als Formgelegenheit zur Dekonstruktion und verstärkte sie durch material-ungerechte Behandlung, um die Schuld für solche Unordnung und die chaotischen Zustände in der Welt unmissverständlich dem teuflischen – de(kon)struktiven – Handeln zuzuweisen. Das material-ungerechte Handeln ließ sich auf diese Weise auf das Wissen um unrechtmäßiges, zu verteufelndes Handeln übertragen. Das Wissen und der gezielte Umgang mit dem Material ermöglichen es somit, über die Engführung von Last und Lasterhaftigkeit die lastende Schwere der Schuld darzustellen.

⁴ Bauer, Thomas; Lauterbach, Jörg; Bürger, Stefan: *Die Schlingrippen der spätgotischen Wölbung im Neuen Kapitelsaal des Halberstädter Domes*. In: Kulturstiftung Sachsen-Anhalt, Jahrbuch 2019 (2020), S. 26–47.

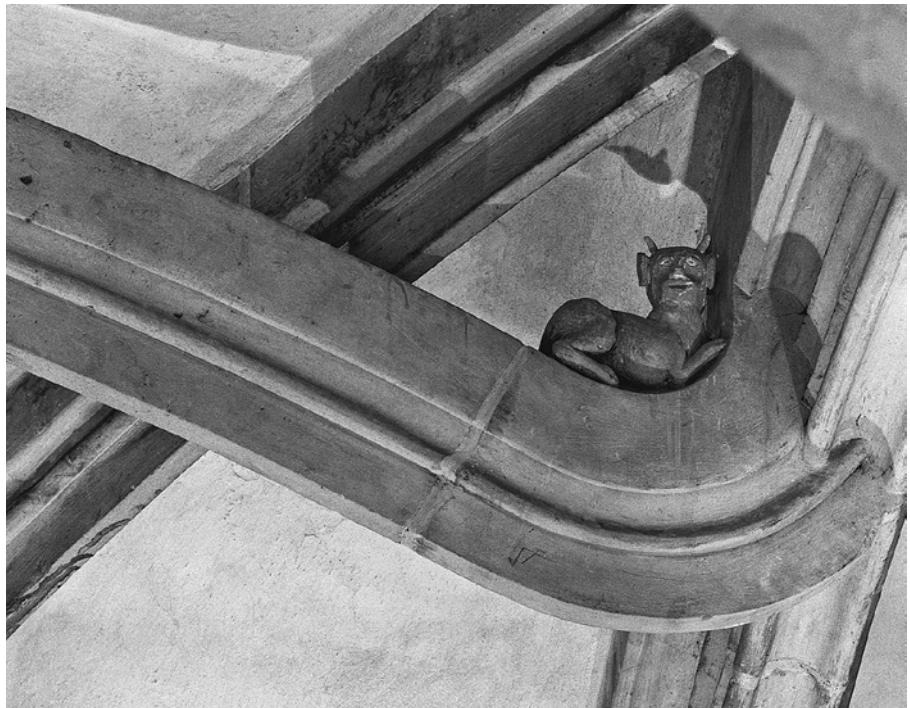


Abb. 4 Halberstadt, Dom, Neuer Kapitelsaal, Luftrippe mit Teufelsfigur im ehemals schlingrippen-gewölbten Haupthoch

In Pirna gelang es darüber hinaus, in der Konstruktion das Maß des Bösen in der Distanz zum Göttlichen darzustellen (Abb. 5):⁵ Rippe 1 ist am weitesten vom Mittelschiff als Verkörperung des Paradieses und des Himmlischen Jerusalem entfernt. Die Rippe ist entsprechend verdreht als chaotisches Teufelswerk gestaltet. Mit den Rippen 2 und 3 wird das Böse im Werk weniger wirksam und sichtbar. Auf der frei darunter entlangschwingenden Rippe sitzt ein geflügelter Drache, der versucht, in die göttlichen Sphären vorzudringen. Ein engelsgleicher Putto mit Säbel – nahe Rippe 4 auf der Gewölkdecke aufgemalt – wehrt das Böse allerdings ab.



Abb. 5 Pirna, Marienkirche, Westwand, Gewölbeanfänger in einem unregelmäßigen Wandanschluss mit musterhaft ausgebildeten Rillenverläufen gemäß abnehmender Form- und Bearbeitungsintensität: 1 tordiert, 2 gewunden, 3 scheitrecht; Rippe 4 als gewellte Linie und Weg des geflügelten Drachens

⁵ Bürger, Stefan: *Unregelmäßigkeit als Anreiz zur Ordnung oder Impuls zum Chaos. Die virtuose Steinmetzkunst der Pirnaer Marienkirche*. In: Zeitschrift für Kunstgeschichte 74 (2011), H. 1, S. 123–132, <http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/ardok/5193/> (23. April 2021); ders.: *Fremdsprache Spätgotik – Anleitungen zum Lesen von Architektur*. Weimar 2017, Kap. 2.2, bes. S. 59–65.

Die Wallfahrtskirche Vierzehnheiligen

Die Wallfahrtskirche Vierzehnheiligen, ein Hauptwerk des mitteleuropäischen Spätbarocks, befindet sich bei Bad Staffelstein in der Region Oberfranken auf einer Anhöhe mit Blick über das Obermainatal.

Die den Vierzehn Nothelfern geweihte Wallfahrtskirche ersetzt Vorgängerbauten des 15. und 16. Jahrhunderts an der Stelle einer Wundererscheinung. Das Bauwerk wurde über einen Zeitraum von 30 Jahren, von 1742 bis 1772, errichtet.¹ Der als Hofarchitekt des Würzburger Fürstbischofs tätige Balthasar Neumann (1687–1753) musste seinen Entwurf für das Gebäude nach Baubeginn grundlegend ändern, nachdem der ausführende Baumeister Gottfried Heinrich Krohne in der Errichtung von Neumanns Plänen stark abgewichen war. Die Änderungen Neumanns resultierten in einer »deplazierten Vierung«²: der Baukörper der Kirche wurde so nach Südosten verschoben, dass die Stelle der Heiligen-

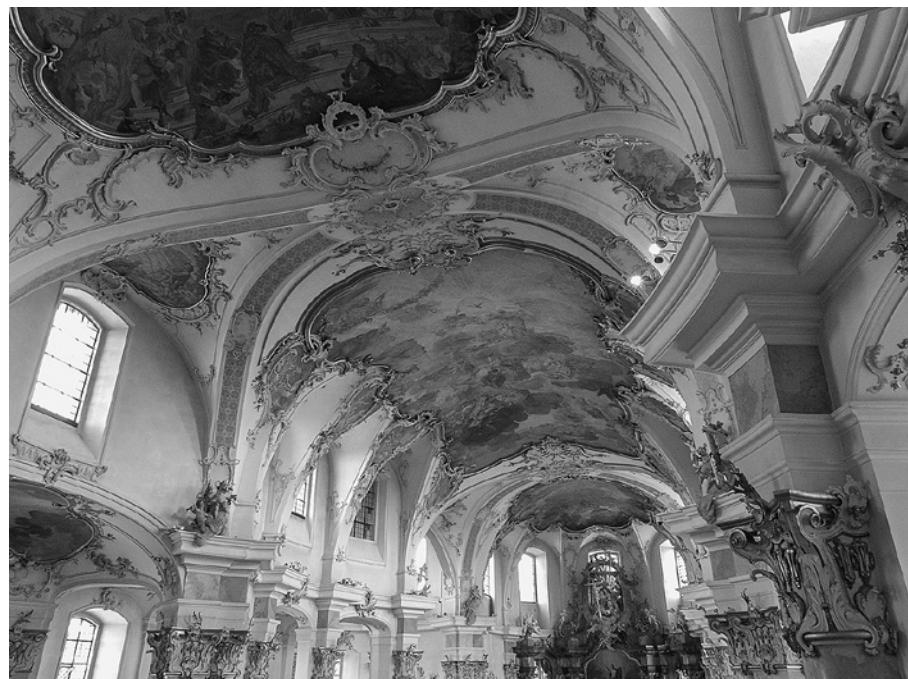


Abb. 1 Gewölbe der Wallfahrtskirche Vierzehnheiligen, von vorne nach hinten: Orgelgewölbefeld, ‚kleine Vierung‘, Gnadengewölbefeld, ‚große Vierung‘, Chorgewölbefeld

¹ Ruderich, Peter: *Die Wallfahrtskirche Mariä Himmelfahrt zu Vierzehnheiligen. Eine Baumentographie* (Bamberger Schriften zur Kunst- und Kulturgeschichte, Bd. 1). Bamberg 2000.

² Ebd., S. 131–158.

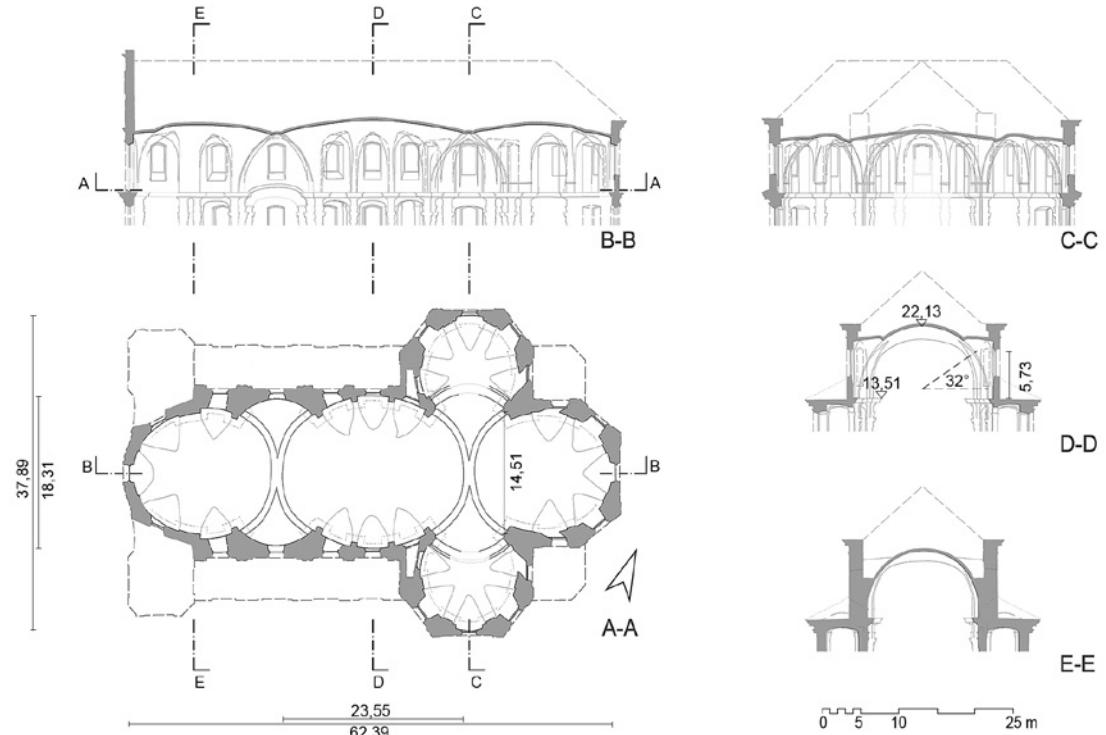


Abb. 2 Gewölbe der Wallfahrtskirche Vierzehnheiligen: Horizontaler Schnitt (A-A), Längsschnitt (B-B), Querschnitte durch die ‚große Vierung‘ (C-C), das Gnadengewölbefeld (D-D) und das Orgelgewölbefeld (E-E)

erscheinung statt in der Vierung in der Mitte des Kirchenschiffs zu liegen kam. Beim Tod Neumanns war der Rohbau bis zu den Gewölbeanfängern hin vollendet, die Einwölbung geschah aber erst 1762 durch den lokalen Baumeister Johann Thomas Nißler.³ Beim Dachbrand 1838 hielt das Gewölbe stand, wurde aber im Anschluss durch Lösch- und Regenwasser leicht beschädigt.⁴ Seitdem sind mehrere Restaurierungskampagnen am Bauwerk ausgeführt worden.

Der Grundriss der Kirche hat die Form eines lateinischen Kreuzes (Abb. 1–2). Die inneren Wandflächen sind gebogen, wodurch der Raumeindruck einer Aneinanderreihung und Verschmelzung von Ovalen und Kreisen entsteht. Drei Ovale in Längsrichtung bilden das Hauptschiff inklusive Chor. Das mittlere Oval ist das größte, hier befindet sich der bedeutende Rokoko-Vierzehnheiligenaltar. Zwei runde Querhausarme schließen an das Hauptschiff

³ Ebd., S. 171–174.

⁴ Ebd., S. 136.

Tatsächlich ist diese Technik nur bei Figuren aus Howaldts Werkstatt und nachfolgend der Wilhelmshütte in Bornum beim Harz zu finden; was Detailuntersuchungen des Brunonia-I-Kopfes im Abgleich mit der „Seesener Quadriga“ eindeutig belegen (Abb. 4).

Untersuchung der „Seesener Quadriga“

Die Untersuchung der „Seesener Quadriga“ diente in erster Linie zur Einschätzung der verbliebenen Standsicherheit für eine geplante museale Präsentation. Es gab deutliche Anzeichen dafür, dass das innere Skelett aus Schmiedeeisen mit seinen wichtigen Anschlusspunkten zur Standfläche stark korrodiert sein musste. Die vollständige Figurengruppe war zur sicheren Einlagerung in ihre Teilfiguren zerlegt worden und konnte figurenweise begutachtet werden. Die Brunonia (Abb. 5) hat eine Höhe von 1,71 Meter und entspricht einer 1:1-Kopie des Rietschel'schen Gipsmodells. Alle Figuren bestehen überwiegend aus kupfergetriebenen Blechen, nur wenige Teile der Brunonia und des Streitwagens wurden aus einer Kupfer-Zink-Legierung gegossen. Durch 100 Jahre Witterungseinflüsse im Freien sind die Figuren komplett mit einer grünlichen, in Teilbereichen schwarzen Patina überzogen.

Die Untersuchung der Figuren erfolgte aus konservatorischen Gründen nicht-invasiv: Alle Teile wurden zunächst einer optischen Untersuchung der Oberfläche und ihrer Nähe unterzogen und diese detailliert fotografiert; stichprobenartige Dickenmessungen mithilfe eines Ultraschallmessgerätes erfolgten zusätzlich. In einem weiteren Schritt wurden ausgewählte Figuren mit einem handgeführten Präzisionsscanner¹⁹ in 3D erfasst



Abb. 4 (a) Kopf der ersten Brunonia im Braunschweiger Städtischen Museum, Vorderansicht;
(b) Nahaufnahme des Hinterkopfes, Nähte mittig auf der Haarsträhne und am Kiefer

¹⁹ Modell Eva von Artec3D.



Abb. 5 Brunonia der „Seesener Quadriga“, Mischtechnik Treibarbeiten und Gussstücke, 2019

und für Dokumentations- und Modellierungszwecke aufbereitet. Zur Einschätzung der Standsicherheit war aber in erster Linie der Ist-Zustand des vermuteten Eisenskeletts zu untersuchen. In Ermangelung größerer Öffnungen wurden bestehende Öffnungen, zum Beispiel an den Hufen und den wenigen Fehlstellen, mit einem 3,5 Meter langen Endoskop gespiegelt, sodass eine Innenansicht der Hauptvolumen und ihrer skelettartigen Innenstruktur gelang.

Hier konnte bei allen Teilvergüssen ein stark korrodiertes Eisenskelett nach Howaldt'schem Vorbild gefunden werden. Dabei ist auffällig, dass bei der „Seesener Quadriga“ kein trennender dielektrischer Korrosionsschutz zwischen Eisen und Kupfer aufgebracht wurde. Denn durch die Galvanische Kontaktkorrosion wird im Fall von Feuchtigkeitseintrag das unedlere Metall, in diesem Fall das Eisen, progressiv oxidiert. Es handelt sich hierbei um ein zu Howaldts Zeiten bereits bekanntes Phänomen, das Ernst Bandel bei der Ausführung des

DACHWERKSENTWURF FÜR DREI AUSBAUSTUFEN – DIE SEITENSCHIFFDÄCHER DES BERNER MÜNSTERS

Zusammenfassung

Beim Bau des Berner Münsters wurden die Seitenschiffe abschnittsweise bis 1454 errichtet, kurz danach eingewölbt und in Nutzung genommen, die Obergaden entstanden dagegen erst um 1500. Die mit dem Bau der Seitenschiffe aufgerichteten Dachwerke waren so konstruiert, dass sie den Bau der in den Dachraum ragenden Gewölbe sowie der Obergadenmauern und des Strebewerks bereits mitdachten und berücksichtigten. Die Dachwerke blieben während der gesamten Zeit an Ort und Stelle und konnten mit wenigen Handgriffen an die nächste Ausbaustufe angepasst werden. Dass dieses effiziente Konzept nicht in ausgereifter Form am Berner Münster implementiert, sondern erst beim Bau der Seitenschiffe entwickelt wurde, legen konstruktive Details nahe. Die Untersuchung der effizienten Konstruktion gewährt einen Einblick in die Planungsprozesse des Spätmittelalters.

Abstract

During the construction of the Bern Cathedral, the side naves were built in sections until 1454. Each was vaulted and put into use shortly thereafter. The clerestories, on the other hand, were not built until around 1500. The roof structures erected with the construction of the side naves were designed already taking into account the construction of the vaults protruding into the roof space as well as the clerestory walls and the buttress. The roof remained in place during the entire period and could be adapted to the next stage of erection with just a few manual adjustments. Construction details suggest that this efficient concept was not implemented in a fully developed form at Bern Cathedral, but was developed during the construction of the side naves. The study of this efficient structure provides insight into the planning processes of the late Medieval period.

Bei den Seitenschiffdächern des Berner Münsters handelt es sich um recht unscheinbare Dachwerke, die jedoch gut durchdacht und effizient konzipiert wurden. Ihre Konstruktion, die bereits lange vor Vollendung des Münsters ausgeführt wurde, war für drei Ausbaustufen ausgelegt.

Das Berner Münster ist eine spätgotische Basilika, die als ein vollständiger Neubau 1421 unter der Leitung des Werkmeisters Matthäus Ensinger (etwa 1395–1463) zu bauen begonnen wurde. Zuerst wurde der Chor errichtet, bestehend aus einer polygonalen Apsis mit einem schmalen, vorgelagerten Joch. Die Fertigstellung dieses Bauabschnitts konnte mithilfe dendrochronologischer Untersuchungen von noch *in situ* erhaltenen Resten des ersten Dachwerks auf 1438 datiert werden. Etwa zeitgleich, in den 1430er-Jahren, befanden sich bereits auch die nördliche und die südliche Außenmauer des Langhauses im Bau und man begann die Errichtung des mächtigen, von zwei großen Seitenkapellen begleiteten Westturms vorzubereiten. Während dieser Zeit wurde das Langhaus der Vorgängerkirche, das nun von der Baustelle des Neubaus umschlossen war, weiterhin genutzt.¹

Nachdem die Außenmauern des Neubaus vollendet waren, wurde der Vorgänger abgebrochen und in den 1440er-Jahren bis 1454 die südliche Langchormauer sowie die beiden Mittelschiffarkaden errichtet.² Dieser Ausbau erfolgte abschnittsweise: Nach Fertigstellung von zwei beziehungsweise drei Arkaden wurde der betreffende Abschnitt des Seitenschiffs jeweils mit einem Dachwerk versehen und mittels temporärer Wände für die Nutzung hergerichtet. Die etappenweise Errichtung der Arkadenstellungen, wie auch die klare räumliche Abgrenzung der Abschnitte zueinander (drei auf der Süd- und zwei auf der Nordseite), belegen zahlreiche Befunde am Bau. Die Obergadenmauern wurden allerdings vorerst nicht ausgeführt: Auf der gesamten Länge des Langhauses, sowohl auf der Süd- wie auch auf der Nordseite, lässt sich eine horizontale Baunaht erkennen. Sie liegt knapp oberhalb der Scheitel der Mittelschiffarkaden. Wie Steinmetzzeichen sowie weitere bautechnische Befunde belegen, wurden die Obergaden zusammen mit dem Strebewerk erst etwa 50 Jahre später, um 1500, ausgeführt.³ Mitte des 15. Jahrhunderts konzentrierte man sich also zunächst offensichtlich darauf, so schnell wie möglich die Grundfläche des Neubaus unter Dach zu bringen und dadurch die sakrale Nutzung zu ermöglichen. Die basilikale Gestalt konnte noch auf sich warten lassen (Abb. 1).

Nach Errichtung der Seitenschiffe wurden in den 1450er-Jahren ihre Gewölbe eingebaut. Anschließend lag der Schwerpunkt der Bautätigkeit am Westturm – die ihn begleitenden Kapellen wurden 1461 (südlich) und 1469 (nördlich) fertiggestellt, der Bau des Turmschafts dauerte mit Unterbrechungen bis in die 1510er-Jahre. 1529 gab man den Bau des steinernen Turmhelms endgültig auf, er wurde in seiner heutigen Gestalt erst 1891–1893 ausgeführt.

¹ Zur Baugeschichte des Münsters siehe: Druzynski v. Boetticher, Alexandra: *Die mittelalterlichen Bauphasen des Berner Münsters*. In: Nicolai, Bernd; Schweizer, Jürg (Hg.): Das Berner Münster – Das erste Jahrhundert. Von der Grundsteinlegung bis zur Chorvollendung und Reformation (1421–1517/1528). Regensburg 2019, S. 93–157.

² An der Stelle der beiden östlichen Joche des Nordschiffs blieb allerdings noch für fast 50 Jahre der Turm der Vorgängerkirche stehen.

³ Druzynski v. Boetticher 2019 (Anm. 1), S. 139–143 sowie Tafeln 3 und 4 (Bauphasenpläne).



Abb. 1 Berner Münster, Zustand des Baus unmittelbar nach 1454

Seitenschiffdachwerke – heutiger Zustand

Bei den Seitenschiffdächern des Berner Münsters handelt es sich um Pultdächer, die sowohl die Seitenschiffe als auch die zwischen den Strebepfeilern angeordneten Einsatzkapellen überdachen. Die 10,35 Meter langen und 28 Grad geneigten Sparren liegen auf drei Pfetten sowie am Fußpunkt pfettenlos auf der Mauerkrone auf (Abb. 2). Während die maschinell gesägte und damit eindeutig moderne heutige Firstpfette mit Stahlwinkeln und Kopfbändern direkt an der Obergadenmauer befestigt ist, liegt Pfette 2 auf einer auf den Dachbalken stehenden Stützkonstruktion. Pfette 3 ruht dagegen auf der Mauer zwischen Seitenschiff und Einsatzkapellen. In den beiden östlichen Jochen, an denen sich keine Einsatzkapellen befinden, ist

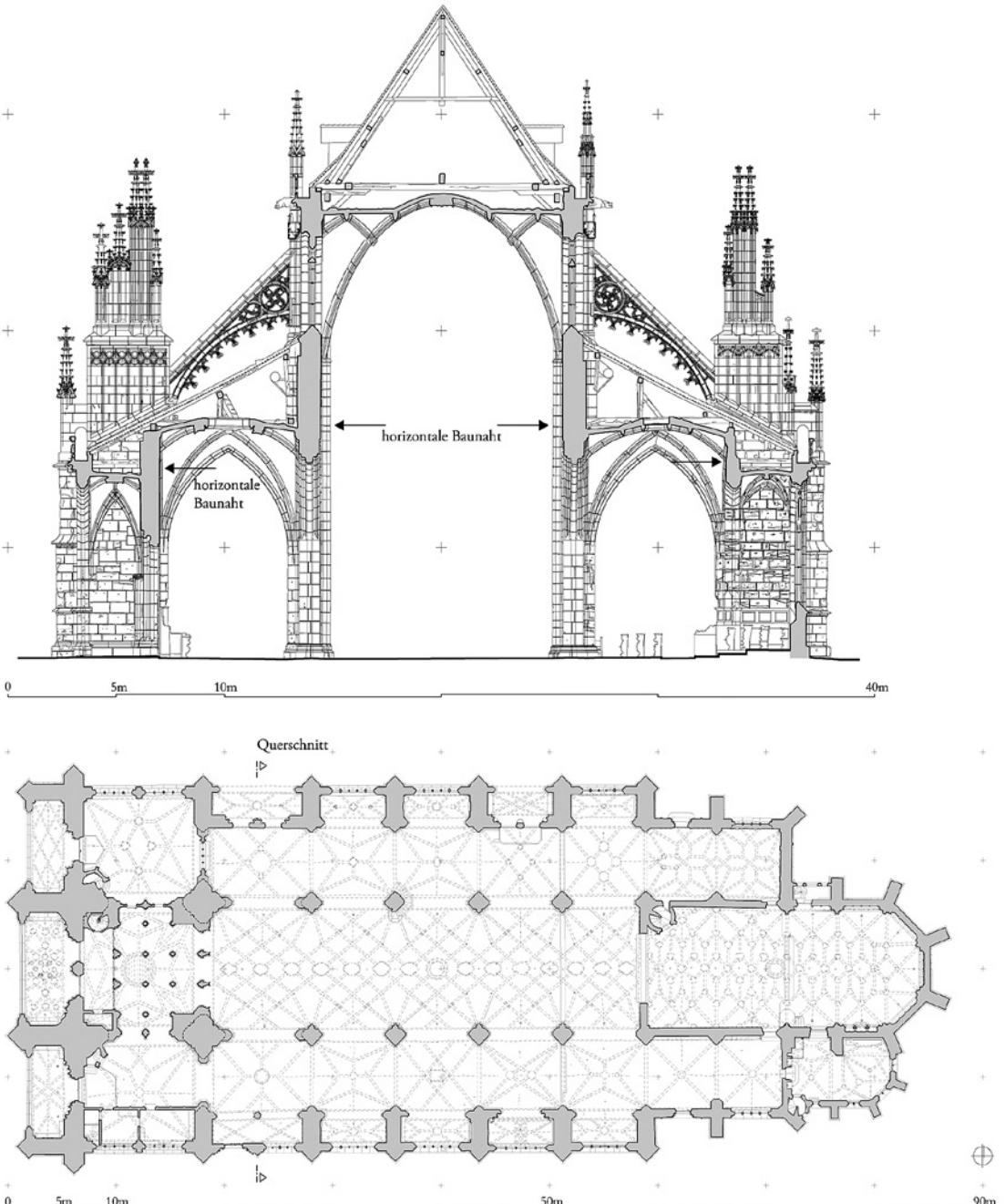


Abb. 2 Berner Münster, Querschnitt und Grundriss

dementsprechend auch Pfette 3 nicht vorhanden, hier liegen die Sparren auf einem Streichbalken vor der Außenmauer auf. Dieses einfache konstruktive Schema ist sowohl über dem südlichen wie über dem nördlichen Seitenschiff zur Anwendung gekommen. Aufgrund der Ausführung, der Abmessungen sowie der Qualität und Bearbeitung des Holzes können aber insgesamt mehrere Abschnitte voneinander abgegrenzt werden. Diese sind unterschiedlich gut erhalten, in allen sind Reparaturen und Veränderungen auszumachen, einige sind stark verbaut. Ursprüngliche Sparren sind am gesamten Dachwerk nur noch vereinzelt vorhanden. Im besten Zustand befindet sich der westliche Abschnitt des Nordschiffs, hier ist die meiste originale Substanz erhalten.⁴ Dieser Bereich ist auf Grundlage der dendrochronologischen Untersuchung auf das Jahr 1454 datiert. Die anderen Abschnitte sind etwas jünger (1461) bzw. deutlich jünger (1536), doch in allen Fällen belegen Befunde, dass die heutigen Konstruktionen ältere ersetzen. Damit ist der nordwestliche Bereich der älteste und neben den zwei Jochen am östlichen Ende des Nordschiffs (1493) eines der beiden weitgehend ursprünglichen Seitenschiffdachwerke des Berner Münsters.⁵ An seinem Beispiel soll im Folgenden die dreistufige Konzeption der Berner Dachwerke beschrieben werden.

Erste Ausbauphase – Errichtung der Dachwerke

Wie bei allen anderen Abschnitten sind auch an dem über dem westlichen Bereich des nördlichen Seitenschiffs errichteten Dachwerk im Laufe der Jahrhunderte Änderungen vorgenommen worden. Die ursprüngliche, 1454 verzimmerte Konstruktion ist wie folgt zu rekonstruieren: Die Sparren lagen auf drei Pfetten auf, die alle wiederum auf Stützkonstruktionen ruhten (Abb. 3). Eine Stützkonstruktion befand sich über der Mauer zwischen Einsatzkapelle und Seitenschiff (Abb. 3, Pfette 3), eine zweite mitten über dem Seitenschiff (Pfette 2) und eine weitere, die die Firstpfette trug, vor der zu diesem Zeitpunkt noch nicht errichteten Obergadenmauer. Pfette 2 war über Kehlriegel⁶ mit der Stützkonstruktion der Firstpfette verbunden. Die Kehlriegel sind heute nicht mehr erhalten, auf ihre Existenz weisen aber abgesägte Stummel und leere Einschnitte hin. Die mittlere Pfettenkonstruktion (Pfette 2) ist heute noch weitgehend erhalten. Über nahezu jedem zweiten Dachbalken stehen dort 90–95 Zentimeter hohe Stützen, die mit unregelmäßig angeordneten Kopf- und Fußstreben mit der Pfette und der Schwelle beziehungsweise den Dachbalken verbunden sind oder

⁴ Zu den Dachwerken über den Seitenschiffen des Berner Münsters siehe: Druzyński v. Boetticher 2019 (Anm. 1), S. 120–128.

⁵ Zu dendrochronologischen Untersuchungen am Berner Münster siehe: Eißing, Thomas: *Die dendrochronologische Datierung von Bauholzern aus den Dachwerken und dem Turm des Berner Münsters*. In: Nicolai, Bernd; Schweizer, Jürg (Hg.): Das Berner Münster – Das erste Jahrhundert. Von der Grundsteinlegung bis zur Chorvollendung und Reformation (1421–1517/1528). Regensburg 2019, S. 208–217.

⁶ Bei diesem Element handelt es sich um einen Balken im Querbund, da er jedoch nicht zwischen zwei Sparren eines Gespärres eingespannt ist, erscheint der Begriff ‚Kehlbalken‘ an dieser Stelle nicht korrekt. Er wird daher im Folgenden als ‚Kehlriegel‘ bezeichnet.

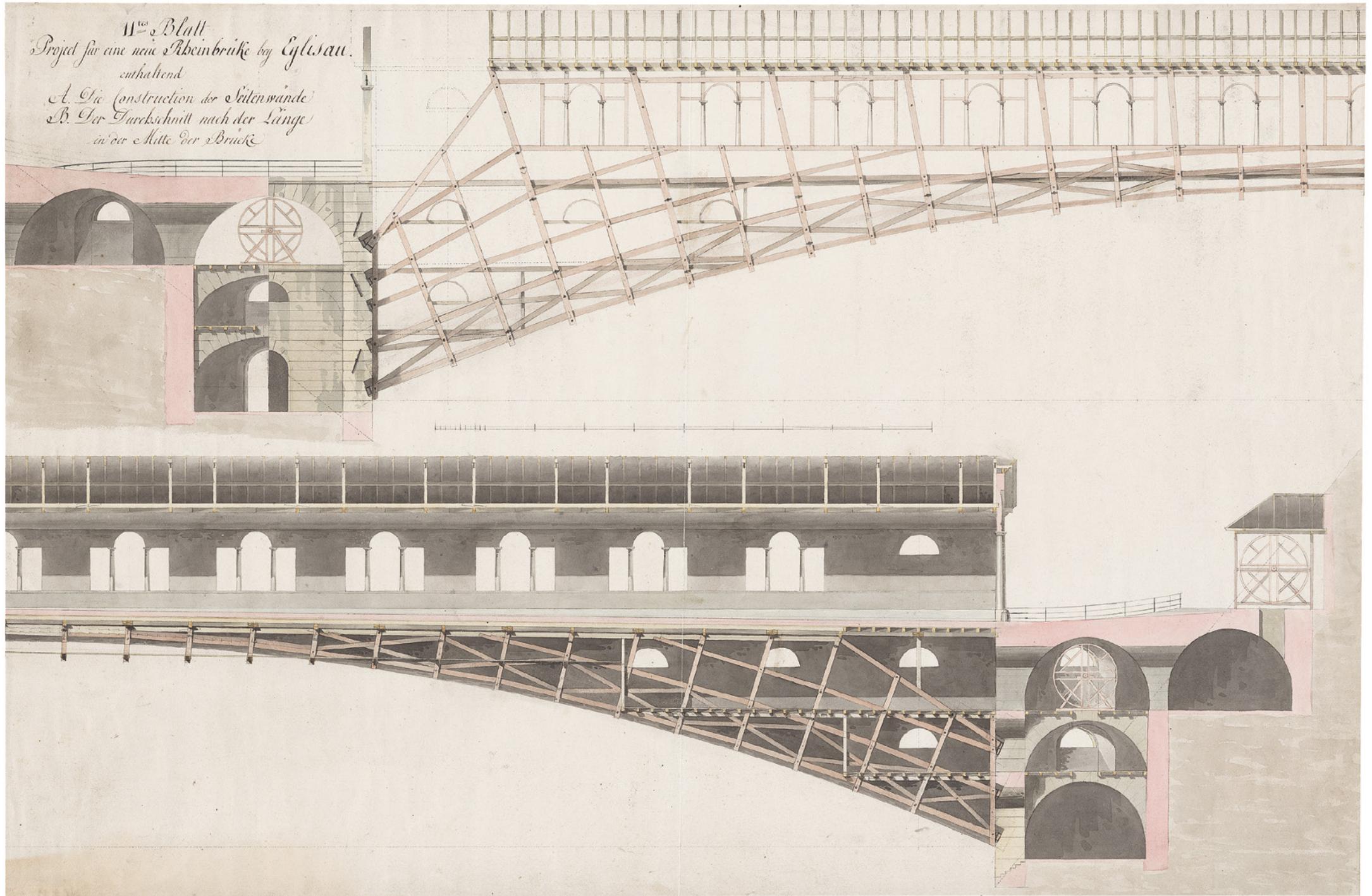


Abb. 3 Konstruktionsentwurf von David Vogel für die Brückenträgertwand und die Widerlager, II. Blatt, 1807

er über die ersten Ausführungen im Eisenbrückenbau bestens unterrichtet war. In seiner Beschreibung des Tragwerks, bei dem »die Seitenwände aus Bogen [bestehen], die aus großen aufeinander geschraubten Rohren in Form von Wölbesteinen construiert sind«, bezog er sich auf das um 1800 gebräuchliche Konstruktionsprinzip eiserner Brücken.⁵⁴ Ein Vorbild, das auch international Aufsehen erregte, war sicherlich die 1793–1796 errichtete Brücke bei Sunderland im Nordosten Englands, bei dem das Bogentragwerk aus kleinen gusseisernen Kästen in Form dieser »Wölbesteine« zusammengesetzt war.⁵⁵ Möglicherweise hat Vogel auch während seines Aufenthalts in Paris den sich damals im Bauzustand befindenden Pont d'Austerlitz gesehen, der 1800–1806 über der Seine errichtet wurde (Abb. 7). Die einzelnen Segmente der Bogenbrücke waren aus gusseisernen Profilen mit radialer Ausrichtung zusam-

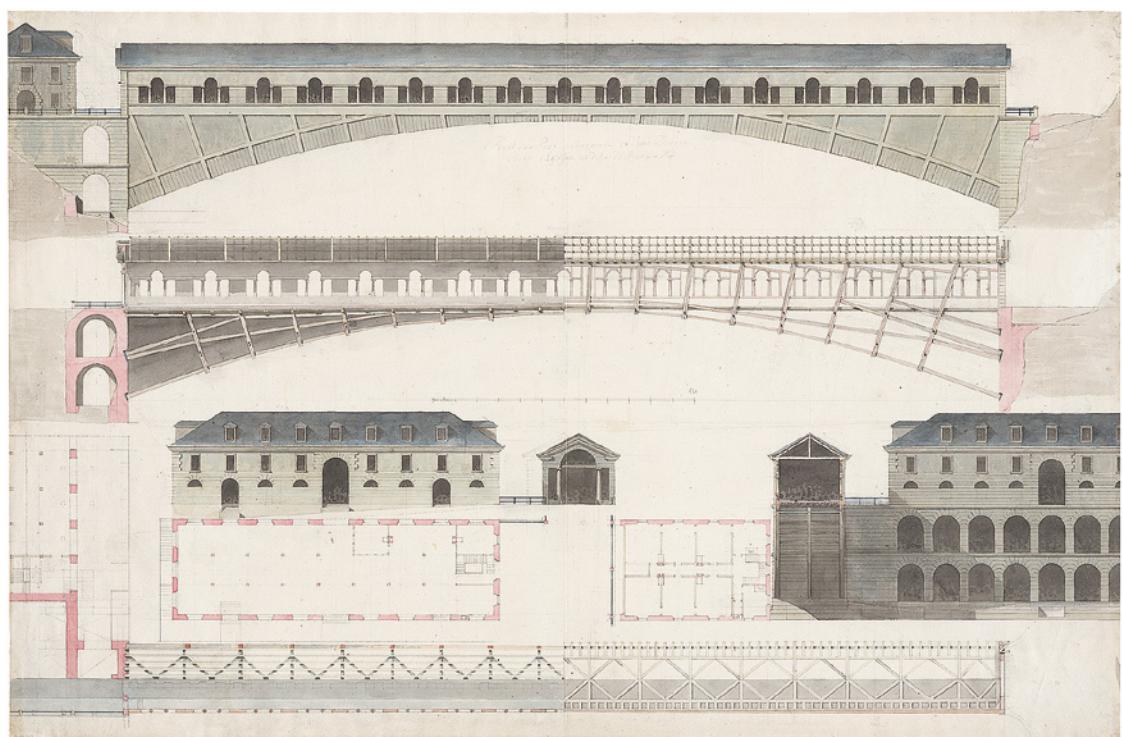


Abb. 6 Weiteres Entwurfsprojekt für eine neue Rheinbrücke mit Zollhaus von David Vogel, ohne Datum

⁵⁴ Bericht von David Vogel an das Baudepartement, 26. April 1807, S. 3 (Staatsarchiv Zürich, Mappe V III 204,1).

⁵⁵ The component parts of the Arch, shewing the construction of the Iron Bridge at Sunderland von J. Raffield, 1796 (British Library, KTOP XII 36b,1).